

5

10

Verfahren und Vorrichtung zur wechselseitigen Kontaktierung von zwei Wafern

- 15 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur wechselseitigen Kontaktierung von zwei waferartigen Bauelement-Verbundanordnungen aus einer Vielzahl zusammenhängend ausgebildeter gleichartiger Bauelemente, die nachfolgend vereinfacht als Wafer bezeichnet werden, insbesondere eines Halbleiter-Wafers mit einem Funktionsbauelement-
- 20 Wafer, zur Herstellung von elektronischen Baugruppen auf Wafer-Ebene, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des vorgenannten Verfahrens. Weiterhin betrifft die Erfindung einen Bauteilverbund aus zwei nach dem vorstehenden Verfahren wechselseitig miteinander kontaktierten waferartigen Bauelement-Verbundanordnungen.
- 25 Das Verfahren der vorgenannten Art kommt ganz allgemein dann zur Anwendung, wenn es darum geht, in einem Verbund zusammenhängend ausgebildete Substrate mit ebenfalls in einem Verbund angeordneten Bauelementen ohne vorhergehende Auflösung des jeweiligen Verbunds miteinander zu verbinden.
- 30 Zur Herstellung elektronischer Baugruppen auf Chipebene ist es bekannt, Chips bzw. Chipmodule mit den über die Chips angesteuerten Funktions-

bauelementen, wie beispielsweise eine Laserdiode, sowohl den Chip als auch die Laserdiode auf Wafer-Ebene, also in einem zusammenhängenden Wafer-Verbund herzustellen und anschließend vor Kontaktierung des Chips mit der Laserdiode sowohl den Chip als auch die Laserdiode aus dem jeweiligen Wafer-Verbund zu vereinzeln. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, einen zur Kontaktierung des Chips mit der Laserdiode notwendigen Positionierungs- und Verbindungsvorgang entsprechend der Anzahl der Chips bzw. der Laserdioden separat und wiederholt durchzuführen.

- 10 Je nach Art und Ausführung des für die Kontaktierung mit dem Chip vorgesehenen Funktionsbauelements erweist es sich überdies noch als erforderlich, ein Kontaktierungsverfahren sicherzustellen und entsprechend zu überwachen, bei dem die Temperaturbelastung des Funktionsbauelements in vorgegebenen Grenzen bleibt. Diese Grenzen sind insbesondere bei sehr temperaturanfälligen Funktionsbauelementen, wie beispielsweise Kunststoffmikrolinsen, sehr niedrig, so dass bei jedem einzelnen Kontaktierungsvorgang zwischen dem Chip und dem Funktionsbauelement für eine Begrenzung der bei dem Kontaktierungsvorgang im Funktionsbauelement erreichten Temperatur, beispielsweise durch
- 15 entsprechende Kühlmaßnahmen, zu sorgen ist.
- 20

Der vorliegenden Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Herstellung entsprechender elektronischer Baugruppen auf Wafer-Ebene zu ermöglichen und darüber hinaus sicherzustellen, dass auch bei temperaturempfindlichen Funktionsbauelementen eine zulässige Temperaturbelastung nicht überschritten wird.

25

Zur Lösung dieser Aufgabe weist das erfindungsgemäße Verfahren die Merkmale des Anspruchs 1 sowie die erfindungsgemäße Vorrichtung die Merkmale des Anspruchs 9 auf und der erfindungsgemäße Bauteilverbund die Merkmale des Anspruchs 17 auf.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden die beiden jeweils auf ihren einander gegenüberliegenden Kontaktoberflächen mit Kontaktmetallisierungen versehenen Wafer zur Ausbildung von Kontaktpaarungen mit ihren Kontaktmetallisierungen in eine Überdeckungs-lage gebracht, in der die miteinander zu verbindenden Kontaktmetallisierungen gegeneinander gedrückt werden. Die Kontaktierung der Kontaktmetallisierungen erfolgt durch eine rückwärtige Beaufschlagung des einen Wafers mit Laserstrahlung, wobei die Wellenlänge der Laserstrahlung in Abhängigkeit vom Absorptionsgrad des rückwärtig beaufschlagten Wafers so gewählt wird, dass eine Transmission der Laserstrahlung durch den rückwärtig beaufschlagten Wafer im Wesentlichen unterbleibt.

Hierdurch wird sichergestellt, dass eine Erwärmung des mit dem ersten Wafer zu kontaktierenden zweiten Wafers im Wesentlichen über die Kontaktpaare bildenden Kontaktmetallisierungen erfolgt und eine unmittelbare Beaufschlagung des zweiten Wafers durch die Laserstrahlung unterbleibt.

Der durch die Kontaktierung der beiden Wafer geschaffene Waferverbund kann nachfolgend durch Vereinzelung in vereinzelte elektronische Baugruppen bestehend aus einem Chip und einem damit kontaktierten Funktionsbauelement aufgelöst werden.

Wenn die rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagte Bauelement-Verbundanordnung so gewählt wird, dass eine Transmission der Laserstrahlung durch die rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagte Bauelement-Verbundanordnung erfolgt und eine Absorption der Laserstrahlung im Wesentlichen lediglich in den Kontaktmetallisierungen der rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagten Bauelement-Verbundanordnung erfolgt, ist es möglich, die für die Kontaktierung, die grundsätzlich bei dem Verfahren durch Thermokompression oder auch Aushärtung eines Klebers oder andere mögliche Verbindungsarten erfolgen kann, die zur Aktivierung einen Wärmeeintrag benötigen, notwendige Erwärmung der Kontaktmetallisierungen durch eine im Wesentlichen

unmittelbare Erwärmung der Kontaktmetallisierungen durchzuführen. Insbesondere dann, wenn die Kontaktmetallisierungen der rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagten Bauelement-Verbundanordnung aus einem Material gewählt sind, das eine im Vergleich zum Substratmaterial der gegenüberliegend angeordneten Bauelement-Verbundanordnung höhere Wärmekapazität aufweist, kann erreicht werden, dass die für die Kontaktierung erforderliche Temperaturerhöhung im Wesentlichen nur im Bereich der Kontaktmetallisierungen erfolgt.

Ein gleichzeitiger Wärmeeintrag in die Kontaktmetallisierungen der rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagten Bauelement-Verbundanordnung und die Kontaktmetallisierungen der gegenüberliegend angeordneten Bauelement-Verbundanordnung kann erfolgen, wenn die rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagte Bauelement-Verbundanordnung so gewählt wird, dass eine Transmission der Laserstrahlung durch die rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagte Bauelement-Verbundanordnung erfolgt und eine Absorption der Laserstrahlung in den Kontaktmetallisierungen der rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagten Bauelement-Verbundanordnung und in den im Vergleich zu den Kontaktmetallisierungen der rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagten Bauelement-Verbundanordnung flächenmäßig größeren Kontaktmetallisierungen der gegenüberliegenden Bauelement-Verbundanordnung erfolgt.

Bei einer besonders zu bevorzugenden Variante des Verfahrens erfolgt die Laserbeaufschlagung mittels einer Verbundanordnung von mehreren Diodenlasern, die einzeln oder in Gruppen zusammengefasst zur Emission von Laserstrahlung aktiviert werden, derart, dass sämtliche oder in Gruppen zusammengefasste Kontaktpaarungen zur Kontaktierung mit Laserstrahlung beaufschlagt werden.

Zum einen ermöglicht die Verwendung von Laserdioden zur Laserbeaufschlagung des Wafers eine besonders exakte Einstellbarkeit der von der laseraktiven Schicht des Diodenlasers emittierten Wellenlänge, so dass

ein entsprechend hoher Absorptionsgrad im rückwärtig beaufschlagten Wafer erreichbar ist. Zum anderen ermöglicht die definierte Aktivierung ausgewählter Diodenlaser aus einer Verbundanordnung eine Laserbeaufschlagung gerade in dem Umfang, wie er zur Kontaktierung benötigt wird. In entsprechender Weise wird der rückwärtig beaufschlagte Wafer nur soweit erwärmt, wie es zur Kontaktierung unbedingt notwendig ist. Damit reduziert sich auch ein möglicher Wärmestrahlungsübergang von dem durch Absorption aufgeheizten ersten Wafer auf den gegenüberliegend zur Kontaktierung vorgesehenen zweiten Wafer.

- 10 Wenn die Diodenlaser-Verbundanordnung als Diodenlaser-Linearanordnung ausgebildet ist, die mit Abstand unterhalb des rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagten Wafers angeordnet ist, derart, dass die Diodenlaser-Linearanordnung zumindest einachsig und parallel zur Erstreckungsebene des Wafers verfahren wird, ist das erfindungsgemäße
- 15 Verfahren mittels einer relativ geringen Anzahl von Diodenlasern durchführbar.

Alternativ ist es möglich, die Diodenlaser- Verbundanordnung als Diodenlaser-Matrixanordnung auszubilden, wobei die Diodenlaser entsprechend der Größe des rückwärtig mit Laserstrahlung zu beaufschlagenden

20 Wafers in ihrer Gesamtheit oder nur im Umfang einer Teilmatrix aktiviert werden. Diese Verfahrensvariante ermöglicht die gleichzeitige Kontaktierung aller Kontaktpaarungen, so dass die Kontaktierung auf Wafer-Ebene unter minimaler Temperaturbelastung für den weiteren Wafer innerhalb kürzester Zeit durchführbar ist.

- 25 Wenn in einem durch den Abstand zwischen dem rückwärtig beaufschlagten Wafer und der Diodenlaser-Verbundanordnung gebildeten Zwischenraum mittels einer von der Laserstrahlung durchdrungenen Transmissionseinrichtung eine Referenztemperatur gemessen wird, ist es möglich, fortlaufend während der Laserbeaufschlagung die Temperatur
- 30 im rückwärtig beaufschlagten Wafer zu überwachen, um beispielsweise

bei Erreichen eines Temperaturschwellwertes die Diodenlaser-Verbundanordnung zumindest kurzzeitig auszuschalten.

Die Vermeidung einer unnötigen Temperaturbelastung des mit dem rückwärtig beaufschlagten Wafer zu kontaktierenden Wafers wird auch
5 unterstützt durch den Einsatz einer zweiachsig und parallel zur Erstreckungsebene des Wafers wirkenden Positionierungseinrichtung zur Ausrichtung der Kontaktmetallisierungen in einer Überdeckungslage und Ausbildung der Kontaktpaare, da bei exakter Relativpositionierung der Kontaktpaare ein geringstmöglicher Wärmeeintrag in den gegenüberlie-
10 genden Wafer zur Herstellung der Kontaktierung notwendig ist.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist mit einem Aufnahmerahmen zur abstützenden Aufnahme eines ersten Wafers auf einer im Aufnahmerahmen angeordneten transparenten Platte und einer durch die transparente Platte vom Wafer getrennt innerhalb des Aufnahmerahmens angeordneten
15 Diodenlaser-Verbundanordnung versehen. Weiterhin weist die erfindungsgemäße Vorrichtung einen Gegenhalter zur Aufnahme eines zweiten Wafers auf, derart, dass die mit Kontaktmetallisierungen versehenen Kontaktflächen der Wafer einander gegenüberliegend angeordnet sind, sowie eine Positioniereinrichtung zur Relativpositionierung der Wafer,
20 derart, dass miteinander zu verbindende Kontaktmetallisierungen Kontaktpaarungen bilden. Darüber hinaus ist die erfindungsgemäße Vorrichtung mit einer Andruckeinrichtung zur Erzeugung eines Kontaktdrucks zwischen den Kontaktmetallisierungen der Kontaktpaarungen versehen.

In einer ersten Ausführungsform der Vorrichtung ist die Diodenlaser-
25 Verbundanordnung als eine Diodenlaser-Linearanordnung ausgeführt mit einer Mehrzahl von in einer Reihe angeordneten Diodenlasern, die auf einem quer zur Ausrichtung der Reihe und parallel zur Erstreckungsebene des Wafers verfahrbaren Diodenlaserträger angeordnet sind.

Darüber hinaus erweist es sich als vorteilhaft, wenn die Diodenlaser der
30 Diodenlaser-Linearanordnung einzeln oder gruppenweise aktivierbar

sind, derart, dass zur Beaufschlagung einer kreisflächenförmigen Wafer-Kontaktoberfläche mit der parallel zur Erstreckungsebene des Wafers verfahrenbaren Diodenlaser-Linearanordnung lediglich die Diodenlaser der Diodenlaser-Linearanordnung aktivierbar sind, die in Abhängigkeit vom
5 Verfahrweg zur Überdeckung der zugeordneten Quererstreckung der Wafer-Kontaktoberfläche benötigt werden.

Bei einer alternativen Ausführungsform der Vorrichtung ist die Diodenlaser-Verbundanordnung als eine Diodenlaser-Matrix Anordnung mit einer Mehrzahl von jeweils in Reihen und Spalten angeordneten Dioden-
10 lasern ausgebildet.

Bei der Diodenlaser-Matrixanordnung erweist es sich als vorteilhaft, wenn die Diodenlaser einzeln oder gruppenweise aktivierbar sind, derart, dass bei einer koaxialen Ausrichtung der Flächenmittelpunkte der Wafer-Kontaktoberfläche und der Matrixfläche die Diodenlaser entsprechend
15 der Größe der Wafer-Kontaktoberfläche in ihrer Gesamtheit oder nur im Umfang einer zur Überdeckung der Wafer-Kontaktoberfläche benötigten Teilmatrix aktivierbar sind.

Zur Überwachung des Kontaktierungsverfahrens erweist es sich als vorteilhaft, wenn in einem durch einen Abstand zwischen der transparenten Platte und der Diodenlaser-Verbundanordnung gebildeten Zwischen-
20 raum eine Transmissionseinrichtung angeordnet ist, die zur Messung einer Referenztemperatur dient.

Weiterhin erweist es sich zur Minimierung des zur Kontaktierung benötigte Wärmeeintrags als vorteilhaft, wenn zur Ausrichtung der Kontaktmetallisierungen in einer Überdeckungslage zur Ausbildung der Kontaktpaarungen der dem rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagten Wafer gegenüberliegende Wafer in einer zumindest zweiachsig verfahrenbaren Positioniereinrichtung angeordnet ist.
25

Wenn die Positioniereinrichtung dreiachsig ausgebildet ist, derart, dass neben einer zweiachsigen Positionierung des Wafers in der Erstreckungsebene des Wafers die Positioniereinrichtung zur Ausführung einer Zustellbewegung quer zur Erstreckungsebene dient, kann die Positioniereinrichtung auch zur Erzeugung des zur Herstellung der Kontaktierung benötigten Kontaktdrucks verwendet werden.

Ein erfindungsgemäß nach dem vorstehenden Verfahren unter Verwendung der vorstehenden Vorrichtung hergestellter Bauteilverbund aus zwei wechselseitig miteinander kontaktierten waferartigen Bauelement-Verbundanordnungen weist eine erste transparente Bauelement-Verbundanordnung aus einer Vielzahl zusammenhängend ausgebildeter transparenter Deckeleinheiten und eine zweite Bauelement-Verbundanordnung aus einer Vielzahl zusammenhängend ausgebildeter Sensoreinheiten mit jeweils mindestens einem Sensor auf, der jeweils auf einer der im Verbund zusammenhängend ausgebildeten Substrateinheiten kontaktiert ist, welche mit Durchkontaktierungen für einen rückwärtigen Kontaktzugriff auf die Sensoreinheit versehen sind. Der vorstehende Aufbau des Bauteilverbunds ermöglicht die Herstellung eines insgesamt abgeschlossenen Sensorchips ohne eine unzulässig hohe Temperaturbelastung des Sensors während des Herstellungsvorgangs.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Bauteilverbunds weisen die einander gegenüberliegenden Kontaktmetallisierungen der miteinander zu kontaktierenden Deckeleinheiten und Sensoreinheiten ein Lotmaterial auf. Hierdurch ist eine Durchführung der Kontaktierung in einem Thermokompressionsverfahren möglich.

Bei einem alternativ ausgeführten Bauteilverbund ist von der den Deckeleinheiten zugeordneten Gruppe von Kontaktmetallisierungen und der den Sensoreinheiten zugeordneten Gruppe von Kontaktmetallisierungen zumindest eine Gruppe mit einem leitenden Kleber als Kontaktmaterial versehen. Bei diesem Bauteilverbund ist es möglich, die Kontaktierung

durch eine Aushärtung des Klebermaterials infolge Erwärmung durchzuführen.

Unabhängig von der Wahl des jeweils für die Kontaktierung vorgesehenen Kontaktmaterials erweist es sich als vorteilhaft, wenn zumindest
5 eine Gruppe der Kontaktmetallisierungen als Unterschicht für das Kontaktmaterial, also beispielsweise das Lotmaterial oder das Klebermaterial, eine Absorptionsschicht aus einem stark absorbierenden Material, wie beispielsweise Chrom, aufweist. Hierdurch wird erreicht, dass es im Bereich der Kontaktmetallisierungen unabhängig vom Transmissionsgrad
10 der für die Deckeleinheiten bzw. die Sensoreinheiten verwendeten Substratmaterialien zu einer erhöhten Erwärmung im Bereich der Kontaktmetallisierungen kommt.

Zur Verbesserung der Haftung zwischen der Absorptionsschicht und dem darauf aufgetragenen Kontaktmaterial kann eine Haftvermittlerschicht
15 aus einem auf die jeweilige Kombination des für die Absorptionsschicht verwendeten Materials und des Kontaktmaterials abgestimmten Adhäsionsmaterial gewählt werden.

Wenn die Absorptionsschicht der den Sensoreinheiten zugeordneten Gruppe von Kontaktmetallisierungen eine im Vergleich zur Absorptionsschicht der den Deckeleinheiten zugeordneten Gruppe von Kontaktmetallisierungen vergrößerte Oberfläche aufweist, kann ein gezielter Wärme-
20 eintrag nicht nur in die Kontaktmetallisierungen der Deckeleinheiten, sondern auch in die Kontaktmetallisierungen der Sensoreinheiten erfolgen.

25 Für einen hermetisch abgedichteten Aufbau der im zusammenhängenden Verbund erzeugten Sensorchipeinheit erweist es sich als vorteilhaft, wenn jeweils eine einen Sensor ringförmig umschließende Kontaktmetallisierung der Deckeleinheiten mit jeweils einer zugeordneten, den Sensor ringförmig umschließenden Kontaktmetallisierung der Substrateinheiten
30 zur Ausbildung eines Dichtrings kontaktiert ist.

Nachfolgend werden Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie dabei zum Einsatz kommende Vorrichtungsalternativen anhand der Zeichnung beispielhaft erläutert.

Es zeigen:

- 5 **Fig. 1** eine Vorrichtung zur wechselseitigen Kontaktierung von zwei Wafern in Seitenansicht mit einer unterhalb einer transparenten Platte zur Abstützung und Aufnahme der Wafer angeordneten Diodenlaser-Verbundanordnung;
- 10 **Fig. 2** eine erste Ausführungsform der in **Fig. 1** dargestellten Vorrichtung mit einer Diodenlaser-Linearanordnung in Draufsicht und in einer Anfangsstellung eines Fahrweges;
- Fig. 3** die in **Fig. 2** dargestellte Diodenlaser-Linearanordnung in einer Mittelstellung des Fahrweges relativ zum beaufschlagten Wafer;
- 15 **Fig. 4** eine Ausführungsform der Diodenlaser-Verbundanordnung als Diodenlaser-Matrixanordnung in Draufsicht;
- 20 **Fig. 5** eine alternative Variante des Verfahrens am Beispiel einer mittels der Verfahrensvariante hergestellten Struktur.

Fig. 1 zeigt eine Wafer-Kontaktierungsvorrichtung 10 mit einem Aufnahmerahmen 11 zur abstützenden Aufnahme eines ersten, hier als Halbleiter-Wafer 12 ausgeführten Wafers und mit einem Gegenhalter 13 mit einem davon gehaltenen zweiten Wafer, der im vorliegenden Fall als ein Funktionsbauelement-Wafer 14 mit einer Vielzahl darin im Verbund angeordneter Kunststofflinsenteile ausgebildet ist.

25

Der Aufnahmerahmen 11 besteht aus einem Rahmenzylinder 15, der an seinem oberen Ende einen ringförmigen Absatz 16 aufweist, der zur Aufnahme einer hier als Glasplatte 17 ausgeführten transparenten Platte dient. An seinem der Glasplatte 17 gegenüberliegenden Stirnende ist der Aufnahmerahmen 11 mit einer Diodenlaserverbundanordnung 18 versehen. Oberhalb der Diodenlaserverbundanordnung 18 befindet sich eine Transmissionseinrichtung 19, die von der Diodenlaserverbundanordnung 18 emittierte Laserstrahlung 20 im Wesentlichen absorptionsfrei hindurchtreten lässt und mit zumindest einer hier nicht näher dargestellten Temperatursensoreinrichtung zur Messung einer Referenztemperatur versehen ist. Darüber hinaus ist im Rahmenzylinder 15 umfangsseitig ein Druckanschluss 21 vorgesehen, der eine Beaufschlagung eines zwischen der Glasplatte 17 und der Diodenlaserverbundanordnung 18 bzw. der Transmissionseinrichtung 19 gebildeten Rahmeninnenraums 40 mit Druckluft ermöglicht.

Der im vorliegenden Ausführungsbeispiel ebenfalls einen Rahmenzylinder 51 aufweisende Gegenhalter 13 weist aufgenommen durch den Rahmenzylinder 51 ein druckfestes Gehäuse 22 auf, das mit einem Vakuumanschluss 23 versehen ist. Eine als Gegenhaltefläche 24 dienende Wandung des Gehäuses 22 ist als eine poröse Platte ausgeführt. Der Funktionsbauelement-Wafer 14 wird bei Anlegen eines Vakuums an den Vakuumanschluss 23 gegen die Gegenhaltefläche 24 in der in Fig. 1 dargestellten Weise gehalten. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die poröse Platte mit einer elastischen, porösen Zwischenlage 54 versehen, um lokale Abweichungen in dem zwischen den Kontaktmetallisierungen während der Kontaktierung wirksamen Kontaktdruck ausgleichen zu können.

Wie Fig. 1 zeigt, wird ein zwischen dem Aufnahmerahmen 11 und dem Gegenhalter 13 gebildeter Prozessraum 25 umfangsseitig durch eine elastische Abdichtung 26 gegenüber der Umgebung abgedichtet. Der Prozessraum 25 ist über Gasanschlüsse 27, 28 mit der Umgebung ver-

bunden. Die Gasanschlüsse 27, 28 ermöglichen das Anlegen eines Vakuums oder beispielsweise auch die Beaufschlagung des Prozessraums 25 mit einem Schutzgas. Eine Vakuumentgasung kann sich beispielsweise beim Einsatz von Klebermaterial als Verbindungsmaterial als vorteilhaft erweisen.

Der Aufnahmerahmen 11 ist zusammen mit dem Gegenhalter 13 in einem umlaufend geschlossenen Maschinenrahmen 29 gehalten. Zur Erzeugung eines zur Kontaktierung von hier nicht näher dargestellten Kontaktmetallisierungen des Halbleiter-Wafers 12 mit Kontaktmetallisierungen des Funktionsbauelement-Wafers 14 notwendigen Kontaktdrucks zwischen den durch jeweils einander gegenüberliegend angeordnete Kontaktmetallisierungen gebildeten Kontaktpaarungen ist zwischen dem Gehäuse 22 und einem Rahmenoberzug 30 des Maschinenrahmens 29 eine Positioniereinrichtung 31 vorgesehen, die einen mit dem Gehäuse 22 verbundenen Gehäuseteil 32 und einen mit dem Rahmenoberzug 30 verbundenen Gehäuseteil 33 aufweist. Neben der zweiachsigen Relativpositionierung des Gehäuseteils 32 gegenüber dem Gehäuseteil 33 um eine senkrecht zur ebenen Erstreckung der Wafer 12, 14 verlaufende Z-Achse und eine parallel zur ebenen Erstreckung der Wafer 12, 14 verlaufende X-Achse 35 ermöglicht die Positioniereinrichtung 31 eine Relativbewegung des Gehäuseteils 32 zum Gehäuseteil 33 in Richtung der Z-Achse und somit eine Zustellbewegung des Funktionsbauelement-Wafers 14 in Richtung auf den Halbleiter-Wafer 12 zur Erzeugung des für die Kontaktierung erforderlichen Kontakt- oder Anpressdrucks.

Zur Kontrolle der Höhe des Anpressdrucks sind über den stirnseitigen Umfang des Aufnahmerahmens 11 verteilt zwischen dem Aufnahmerahmen 11 und einem Rahmenunterzug 36 des Maschinenrahmens 29 Kraftmesszellen 37 angeordnet.

Zur Herstellung der Kontaktierung zwischen den Wafern 12 und 14 wird der Halbleiter-Wafer 12 auf die Glasplatte 17 des Aufnahmerahmens 11 aufgelegt. Die Anlage des Funktionsbauelement-Wafers 14 gegen die

Gegenhaltefläche 24 des Gehäuses 22 vom Gegenhalter 13 erfolgt durch Anlegen eines Vakuums an das Gehäuselumen und dem damit verbundenen Ansaugen des Funktionsbauelement-Wafers 14 gegen die als poröse Platte ausgebildete Gegenhaltefläche 24. Nachfolgend erfolgt die exakte
5 Relativpositionierung der Kontaktmetallisierungen auf einer Kontakt-
oberfläche 38 des Funktionsbauelement-Wafers 14 zu Kontaktmetallisierungen auf einer Kontaktoberfläche 39 des Halbleiter-Wafers 12 durch Ausbildung von Kontaktpaarungen der jeweils einander zugeordneten Kontaktmetallisierungen. Die hierzu erforderliche Ausrichtung erfolgt
10 mittels der Positioniereinrichtung 31 und entsprechender Betätigung von Achsensteuerungen um die Z-Achse und in Richtung der X-Achse.

Die Überwachung der Positionierung kann beispielsweise über ein hier nicht näher dargestelltes optisches Überwachungssystem erfolgen, das in der Lage ist, eine Überdeckung von zumindest zwei voneinander entfernten Kontaktpaarungen zwischen Kontaktmetallisierungen des Halbleiter-
15 Wafers 12 und Kontaktmetallisierungen des Funktionsbauelement-Wafers 14 zu erkennen.

Nach Einstellung der exakten Relativpositionierung wird eine Zustellung des Gegenhalters 13 in Richtung auf den Aufnahmerahmen 11 durch eine
20 Achsensteuerung der Positioniereinrichtung 31 in Richtung der Z-Achse ausgeführt, bis über die Kraftmesszellen 37 das Erreichen des Schwellwertes für den korrekten Anpressdruck erkannt und der entsprechende Achsenantrieb abgeschaltet wird. Zum Ausgleich einer etwaigen Durchbiegung der Glasplatte 17 infolge des Anpressdrucks kann der Innenraum
25 40 des Aufnahmerahmens 11 über den Druckanschluss 41 mit einem Fluiddruck, also einem Gasdruck oder einem Flüssigkeitsdruck, beaufschlagt werden. Wenn somit sichergestellt ist, dass sämtliche Kontaktpaarungen mit dem zur Kontaktierung erforderlichen Anpressdruck gegeneinander liegen, erfolgt eine Betätigung der Diodenlaserverbundanordnung 18, die je nach Ausführung der Diodenlaserverbundanordnung
30 18 auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen kann.

In den **Fig. 2** und **3** ist eine Draufsicht auf den Aufnahmerahmen 11 entsprechend dem Schnittlinienverlauf II-II in **Fig. 1** dargestellt. Zu erkennen ist der lediglich hinsichtlich seiner Umrisskonturen dargestellte Halbleiter-Wafer 12, der auf der Glasplatte 17 des Aufnahme Rahmens 11
5 angeordnet ist und rückwärtig mittels einer Diodenlaser-Linearanordnung 42 mit Laserstrahlung 20 beaufschlagt wird. Im vorliegenden Fall umfasst die Diodenlaser-Linearanordnung 42 sieben auf einem Diodenlasert Träger 52 angeordnete Laserdioden 43, die entsprechend ihrer typischen geschichteten Ausbildung mit einer laseraktiven Schicht jeweils einen
10 näherungsweise im Querschnitt rechteckförmigen Strahlengang 44 emittieren, der zu einer Strahlquerschnittsfläche 45 aufgeweitet, die regelmäßig bis zu mehreren Quadratzentimetern groß ist, rückwärtig auf den Halbleiter-Wafer 12 auftrifft und je nach Anschlussflächendichte des Halbleiter-Wafers 12 eine größere Anzahl von Anschlussflächen gleichzeitig mit Laserstrahlung beaufschlagt.
15

Die Diodenlaser-Linearanordnung 42 ist mit einer hier nicht näher erläuterten Ansteuerung versehen, die es ermöglicht, die Diodenlaser 43 der Diodenlaser-Linearanordnung 42 einzeln oder gruppenweise zusammengefasst zu aktivieren. Zur rückwärtigen Beaufschlagung der gesamten
20 Kontaktoberfläche des Halbleiter-Wafers 12 wird die Diodenlaser-Linearanordnung 42 ausgehend von der in **Fig. 2** dargestellten Anfangsposition über den gesamten Durchmesser des Halbleiter-Wafers 12 verfahren. Dabei werden jeweils nur diejenigen und so viele Diodenlaser 43 in Abhängigkeit vom Verfahrensweg 46 aktiviert, um quer zum Verfahrensweg 46 den jeweiligen Durchmesser des Halbleiter-Wafers 12 überdecken zu können. So zeigt im hier dargestellten Ausführungsbeispiel die
25 **Fig. 2** die in der Anfangsposition befindliche Diodenlaser-Linearanordnung 42 mit lediglich drei aktivierten Diodenlasern 43 und die **Fig. 3**, in der eine mittlere Position der Diodenlaser-Linearanordnung 42 längs des Verfahrensweges 46 dargestellt ist, eine Aktivierung sämtlicher
30 Diodenlaser 43 der Diodenlaser-Linearanordnung 42.

Fig. 4 zeigt eine Diodenlaser-Matrixanordnung 47 mit zehn Diodenlaser-Spalten 48 und sieben Diodenlaser-Reihen 49. Zur Anpassung an die grundsätzlich kreisflächenförmige Ausbildung des Halbleiter-Wafers 12 und wegen der rechteckförmigen Ausbildung der Strahlquerschnittsfläche 45 ist die Matrix der Diodenlaser-Matrixanordnung 47 unregelmäßig ausgebildet, um die gesamte Kontaktoberfläche 39 des Halbleiter-Wafers 12 mit Laserstrahlung beaufschlagen zu können.

Wie in Fig. 4 durch die kreuzschraffierte Darstellung eines Teils der Strahlquerschnittsflächen 45 der Diodenlaser 43 verdeutlicht, ist es zur Laserbeaufschlagung eines gegenüber dem Halbleiter-Wafer 12 im Durchmesser reduzierten Halbleiter-Wafers 50 ausreichend, nur einen Teil der Diodenlaser 43 entsprechend einer Teilmatrix 53 zu aktivieren.

Fig. 5 zeigt in einem Ausschnitt den Bereich einer in einem Bauteilverbund aus einer Deckeleinheiten-Verbundanordnung 55 und einer Sensoreinheiten-Verbundanordnung 56 hergestellten Sensorchipeinheit 57 einer Sensorchip-Bauteilverbundanordnung 58.

Die Sensorchip-Bauteilverbundanordnung 58 ist mittels der in Fig. 1 dargestellten Wafer-Kontaktierungsvorrichtung 10 herstellbar.

Zur Herstellung erfolgt die rückwärtige Beaufschlagung von Deckeleinheiten 59, die in der waferartig ausgebildeten Deckeleinheiten-Verbundanordnung 55 zusammenhängend ausgebildet sind. Die Deckeleinheiten 59 weisen im vorliegenden Fall ein transparentes Substratmaterial, wie beispielsweise Glasfritte, auf, das optisch durchlässig ist, und weisen auf ihrer Kontaktoberfläche 60 Kontaktmetallisierungen 61 auf, die im vorliegenden Fall mit einem Lotmaterial als Kontaktmaterial 62, beispielsweise einer Gold-Zinn-Legierung, versehen sind. Zur Erhöhung der Wärmeabsorption in die Kontaktmetallisierungen 61 weisen die Kontaktmetallisierungen 61 eine als Unterschicht ausgebildete, der Laserstrahlung 20 zugewandte Absorptionsschicht 63 auf, die beispielsweise im Wesentlichen Chrom enthalten kann.

- Die Sensoreinheiten-Verbundanordnung 56 ist aus einer Vielzahl im zusammenhängenden Verbund ausgebildeten, jeweils einer Deckeleinheit 59 zugeordneten Sensoreinheiten 64 zusammengesetzt. Die Sensoreinheiten 64 weisen im vorliegenden Fall ein Silicium-Substrat 65 auf, das auf seiner der Deckeleinheit 59 zugewandten inneren Kontaktoberfläche 65 mit Kontaktmetallisierungen 67 versehen ist. Die Kontaktmetallisierungen 67 sind im vorliegenden Fall übereinstimmend mit den zugeordneten Kontaktmetallisierungen 61 der Deckeleinheit 59 mit einem Lotmaterial als Kontaktmaterial 68 versehen. Darüber hinaus weisen die Kontaktmetallisierungen 67 im vorliegenden Fall als Unterschicht zum Kontaktmaterial 68 angeordnete Absorptionsschichten 69 auf, die peripher über das Kontaktmaterial 68 hinausragen, derart, dass ein Teil der durch das optisch durchlässige Substratmaterial der Deckeleinheit 59 hindurch gelangten Laserstrahlung 20 in einem peripheren Überstand 70 der Absorptionsschichten 69 absorbiert wird. Durch die vorstehend erläuterte Anordnung und Ausgestaltung der Absorptionsschichten 63 und 69 wird somit ein gleichzeitiger Wärmeeintrag durch Absorption sowohl in die Kontaktmetallisierungen 61 der Deckeleinheit 59 als auch in die Kontaktmetallisierungen 67 der Sensoreinheiten 64 ermöglicht.
- Wie ferner aus Fig. 5 zu ersehen ist, sind die inneren, benachbart einem Sensor 71 der Sensoreinheit 64 angeordneten Kontaktmetallisierungen 67 mit Durchkontaktierungen 72 durch das Substrat 65 versehen, die eine Außenkontaktierung über äußere Kontaktmetallisierungen 73 auf einer äußeren Kontaktoberfläche 74 der Sensoreinheiten 64 ermöglichen. Die dem Sensor 71 benachbarten Kontaktmetallisierungen 67 sind auf hier nicht näher dargestellte Art und Weise mit dem Sensor 71 elektrisch kontaktiert, so dass mittels der Durchkontaktierungen 72 eine äußere Direktkontaktierung des Sensors 71 über die äußeren Kontaktmetallisierungen 73 ermöglicht ist.
- Die in Fig. 5 außen liegenden Kontaktmetallisierungen 61 und 67 sind jeweils ringförmig ausgebildet, so dass nach Kontaktierung ein abge-

geschlossener Sensoraufnahmeraum 75 gebildet wird, in dem innere Kontaktmetallisierungspaare 76 für die elektrische Kontaktierung des Sensors 71 und der Sensor 71 hermetisch abgeschlossen angeordnet sind.

- Im Unterschied zu dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel
- 5 kann das Substratmaterial der Deckeinheiten 59 auch absorbierend ausgeführt sein, da der temperaturempfindliche Sensor 71 auf den nicht unmittelbar mit Laserstrahlung 20 beaufschlagten Sensoreinheiten 64 angeordnet ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur wechselseitigen Kontaktierung von zwei waferartigen Bauelement-Verbundanordnungen (12, 14) aus einer Vielzahl zusammenhängend ausgebildeter gleichartiger Bauelemente, insbesondere eines Halbleiter-Wafers mit einem Funktionsbauelement-Wafer, zur Herstellung von elektronischen Baugruppen auf Wafer-Ebene, bei dem die beiden jeweils auf ihren einander gegenüberliegenden Kontaktflächen (38, 39) mit Kontaktmetallisierungen versehenen Bauelement-Verbundanordnungen zur Ausbildung von Kontaktpaarungen mit ihren Kontaktmetallisierungen in eine Überdeckungs-lage gebracht werden, in der die miteinander zu verbindenden Kontaktmetallisierungen gegeneinander gedrückt werden und die Kontaktierung der Kontaktmetallisierungen durch rückwärtige Beaufschlagung der einen Bauelement-Verbundanordnung (12) mit Laserstrahlung (20) erfolgt, wobei die Wellenlänge der Laserstrahlung in Abhängigkeit vom Absorptionsgrad der rückwärtig beaufschlagten Bauelement-Verbundanordnung so gewählt wird, dass eine Transmission der Laserstrahlung durch die rückwärtig beaufschlagte Bauelement-Verbundanordnung im Wesentlichen unterbleibt oder eine Absorption der Laserstrahlung im Wesentlichen in den Kontaktmetallisierungen der einen oder beider Bauelement-Verbundanordnungen erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Substratmaterial der rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagten Bauelement-Verbundanordnung (55) so gewählt wird, dass
5 eine Transmission der Laserstrahlung (20) durch die rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagte Bauelement-Verbundanordnung erfolgt und eine Absorption der Laserstrahlung in den Kontaktmetallisierungen (61) der rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagten Bauelement-Verbundanordnung erfolgt.
- 10 3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Substratmaterial der rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagten Bauelement-Verbundanordnung (55) so gewählt wird, dass
15 eine Transmission der Laserstrahlung (20) durch die rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagte Bauelement-Verbundanordnung erfolgt und eine Absorption der Laserstrahlung in den Kontaktmetallisierungen (61) der rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagten Bauelement-Verbundanordnung und in den im Vergleich zu den Kontaktmetallisierungen (61) der rückwärtig mit Laserstrahlung beaufschlagten
20 Bauelement-Verbundanordnung (55) flächenmäßigen größeren Kontaktmetallisierungen (67) der gegenüberliegenden Bauelement-Verbundanordnung (56) erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
25 dass die Laserbeaufschlagung mittels einer Verbundanordnung (18, 42, 47) von mehreren Diodenlasern (43) erfolgt, die einzeln oder in Gruppen zusammengefasst zur Emission von Laserstrahlung (20) aktiviert werden, derart, dass sämtliche oder in Gruppen zusammengefasste Kontaktpaarungen zur Kontaktierung mit Laserstrahlung beaufschlagt werden.
30

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Diodenlaser-Verbundanordnung als Diodenlaser-Linear-
anordnung (42) ausgebildet ist, die mit Abstand unterhalb der rück-
wärtig mit Laserstrahlung (20) beaufschlagten Bauelement-Verbund-
anordnung (12) angeordnet ist, und dass die Diodenlaser-Linear-
anordnung zumindest einachsrig und parallel zur Erstreckungsebene
der Bauelement-Verbundanordnung verfahren wird.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Diodenlaser-Verbundanordnung als Diodenlaser-Matrix-
anordnung (47) ausgebildet ist, wobei die Diodenlaser (43) entspre-
chend der Größe der rückwärtig mit Laserstrahlung (20) beaufschlag-
ten Bauelement-Verbundanordnung (12) in ihrer Gesamtheit oder nur
im Umfang einer Teilmatrix aktiviert werden.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass in einem durch den Abstand ausgebildeten Zwischenraum (40)
vermittels einer von der Laserstrahlung (20) durchdrungenen Trans-
missionseinrichtung (19) eine Referenztemperatur gemessen wird.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Ausrichtung der Kontaktmetallisierungen in einer Überde-
ckungslage zur Ausbildung der Kontaktpaarungen die der rückwärtig
mit Laserstrahlung (20) beaufschlagten Bauelement-Verbundanord-
nung (12) gegenüberliegende Bauelement-Verbundanordnung (14)
mittels einer zweiachsrig und parallel zur Erstreckungsebene wirken-
den Positioniereinrichtung (31) positioniert wird.

9. Vorrichtung zur wechselseitigen Kontaktierung von zwei waferartigen Bauelement-Verbundanordnungen (12, 14) aus einer Vielzahl zusammenhängend ausgebildeter gleichartiger Bauelemente, insbesondere eines Halbleiter-Wafers mit einem Funktionsbauelement-Wafer, zur Herstellung von elektronischen Baugruppen nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, mit einem Aufnahmerahmen (11) zur abstützenden Aufnahme der ersten Bauelement-Verbundanordnung (12) auf einer im Aufnahmerahmen angeordneten transparenten Platte (17), einer durch die transparente Platte von der Bauelement-Verbundanordnung (12) getrennt innerhalb des Aufnahmerahmens angeordneten Diodenlaser-Verbundanordnung (18, 42, 47), mit einem Gegenhalter (13) zur Aufnahme der zweiten Bauelement-Verbundanordnung (14), derart, dass mit Kontaktmetallisierungen versehene Kontaktoberflächen (38, 39) der Bauelement-Verbundanordnungen einander gegenüberliegend angeordnet sind, mit einer Positioniereinrichtung (31) zur Relativpositionierung der Bauelement-Verbundanordnungen, derart, dass die miteinander zu verbindenden Kontaktmetallisierungen Kontaktpaarungen bilden, und mit einer Andruckeinrichtung (31) zur Erzeugung eines Kontaktdrucks zwischen den Kontaktmetallisierungen der Kontaktpaarungen.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Diodenlaser-Verbundanordnung als eine Diodenlaser-Linearanordnung (42) mit einer Mehrzahl von in einer Reihe angeordneten Diodenlasern (43) ausgebildet ist, die auf einem quer zur Ausrichtung der Reihe und parallel zur Erstreckungsebene der Bauelement-Verbundanordnung (12) verfahrbaren Diodenlaserträger angeordnet sind.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Diodenlaser (43) der Diodenlaser-Linearanordnung (42) ein-
zeln oder gruppenweise aktivierbar sind, derart, dass zur Beaufschla-
gung einer kreisflächenförmigen Kontaktoberfläche (38) der Bauele-
ment-Verbundanordnung (12) mit der parallel zur Erstreckungsebene
5 der Bauelement-Verbundanordnung verfahrbaren Diodenlaser-Linear-
anordnung lediglich die Diodenlaser der Diodenlaser-Linearanord-
nung aktivierbar sind, die in Abhängigkeit vom Verfahrensweg (46) zur
10 Überdeckung der zugeordneten Quererstreckung der Kontaktoberflä-
che der Bauelement-Verbundanordnung benötigt werden.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Diodenlaser-Verbundanordnung als eine Diodenlaser-
15 Matrixanordnung (47) mit einer Mehrzahl von jeweils in Reihen und
Spalten angeordneten Diodenlasern (43) ausgebildet ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Diodenlaser (43) der Diodenlaser-Matrixanordnung (47) ein-
zeln oder gruppenweise aktivierbar sind, derart, dass bei einer koaxi-
20 alen Ausrichtung der Flächenmittelpunkte der Kontaktoberfläche (38)
der Bauelement-Verbundanordnung (12) und der Matrixfläche zur
Beaufschlagung der kreisflächenförmigen Kontaktoberfläche die Di-
odenlaser entsprechend der Größe der Kontaktoberfläche in ihrer Ge-
25 samtheit oder nur im Umfang einer zur Überdeckung der Kontakt-
oberfläche benötigten Teilmatrix aktivierbar sind.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass in einem durch einen Abstand zwischen der transparenten Platte
(17) und der Diodenlaser-Verbundanordnung (18, 42, 47) gebildeten
5 Zwischenraum eine Transmissionseinrichtung (19) angeordnet ist, die
zur Messung einer Referenztemperatur dient.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Ausrichtung der Kontaktmetallisierungen in einer Überde-
ckungslage zur Ausbildung der Kontaktpaarungen die der rückwärtig
10 mit Laserstrahlung beaufschlagten Bauelement-Verbundanordnung
(12) gegenüberliegende Bauelement-Verbundanordnung (14) in einer
zumindest zweiachsig verfahrbaren Positioniereinrichtung (31) ange-
ordnet ist.
- 15 16. Vorrichtung nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Positioniereinrichtung (31) dreiachsig ausgebildet ist, der-
art, dass neben einer zweiachsigen Positionierung der Bauelement-
Verbundanordnung (14) in der Erstreckungsebene der Bauelement-
20 Verbundanordnung die Positioniereinrichtung zur Ausführung einer
Zustellbewegung quer zur Erstreckungsebene dient, derart, dass die
Positioniereinrichtung zur Erzeugung des Kontaktdrucks dient.

17. Bauteilverbund (58) aus zwei nach einem der Ansprüche 1 bis 8 wechselseitig miteinander kontaktierten waferartigen Bauelement-Verbundanordnungen (55, 56) mit einer ersten transparenten Bauelement-Verbundanordnung (55) aus einer Vielzahl zusammenhängend ausgebildeter transparenter Deckeleinheiten (59) und einer zweiten Bauelement-Verbundanordnung (56) aus einer Vielzahl zusammenhängend ausgebildeter Sensoreinheiten (64) mit jeweils mindestens einem Sensor (71), der jeweils auf einer Substrateinheit einer Sensoreinheit kontaktiert ist, die mit Durchkontaktierungen (72) für einen rückwärtigen Kontaktzugriff (73) auf die Sensoreinheit (64) versehen ist.
18. Bauteilverbund nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die einander gegenüberliegend angeordneten Kontaktmetallisierungen (61, 67) der miteinander kontaktierten Deckeleinheiten (55) und Sensoreinheiten (56) als Kontaktmaterial (62, 68) ein Lotmaterial aufweisen.
19. Bauteilverbund nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass von der den Deckeleinheiten (56) zugeordneten Gruppe von Kontaktmetallisierungen (61) und der den Sensoreinheiten (64) zugeordneten Gruppe von Kontaktmetallisierungen (67) zumindest eine Gruppe einen leitenden Kleber als Kontaktmaterial (62, 68) aufweist.
20. Bauteilverbund nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Gruppe der Kontaktmetallisierungen (61, 67) als Unterschicht für das Kontaktmaterial (62, 68) eine Absorptionsschicht (63, 69) aus einem stark absorbierenden Material aufweist.

21. Bauteilverbund nach Anspruch 20,
dadurch gekennzeichnet,
dass zwischen der Absorptionsschicht (63, 69) und dem Kontaktmaterial (62, 68) eine Haftvermittlerschicht angeordnet ist.
- 5 22. Bauteilverbund nach Anspruch 20 oder 21,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Absorptionsschicht (69) der den Sensoreinheiten (64) zugeordneten Gruppe von Kontaktmetallisierungen (67) eine im Vergleich
zu den Kontaktmetallisierungen (61) der Deckeleinheiten (59) vergrößerte Oberfläche aufweist.
- 10 23. Bauteilverbund nach einem der vorangehenden Ansprüche 17 bis 22,
dadurch gekennzeichnet,
dass jeweils eine einen Sensor (71) ringförmig umschließende Kontaktmetallisierung (61) der Deckeleinheiten (59) mit einer den Sensor
15 ringförmig umschließenden Kontaktmetallisierung (67) der zugeordneten Sensoreinheit (64) zur Ausbildung eines Dichtrings kontaktiert ist.

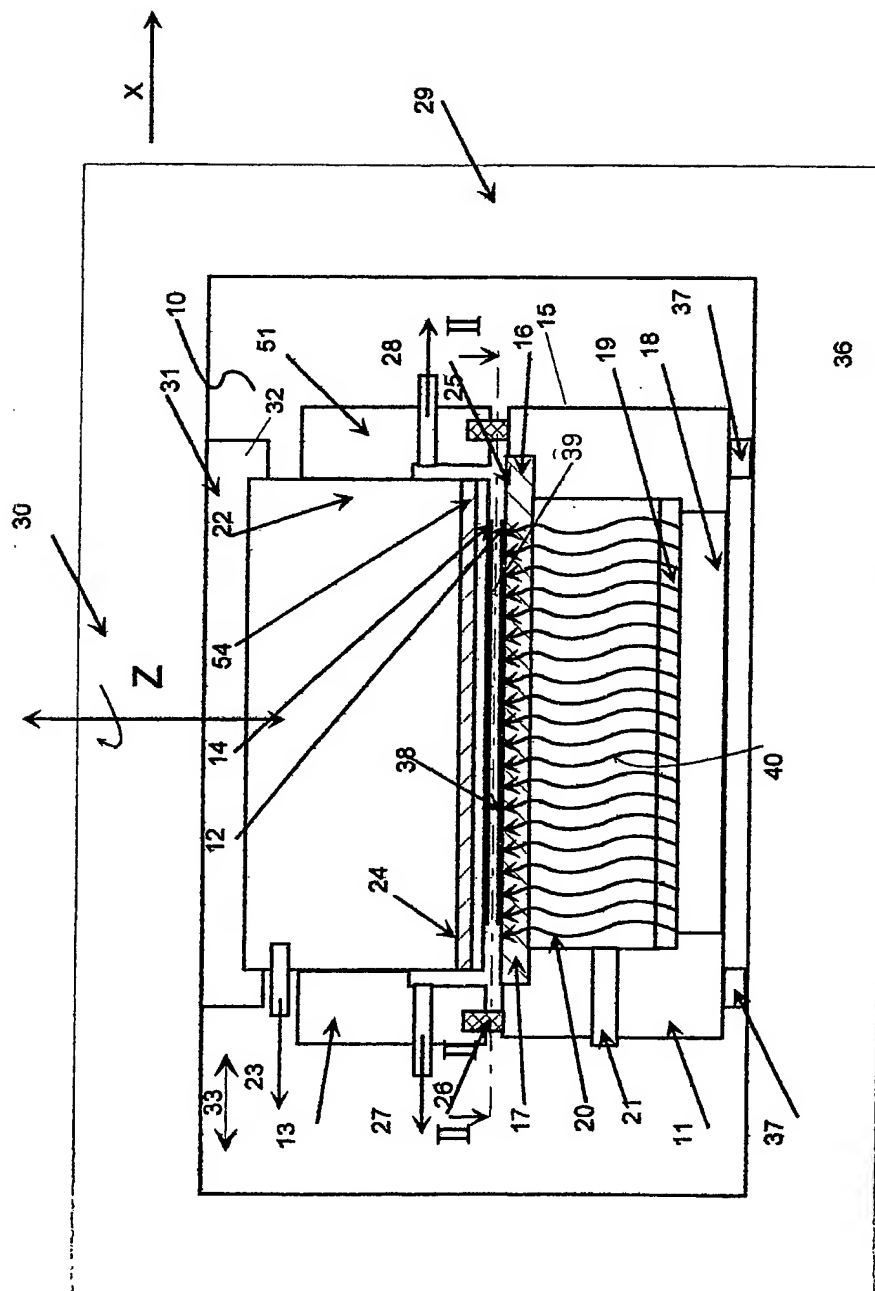


Fig. 1

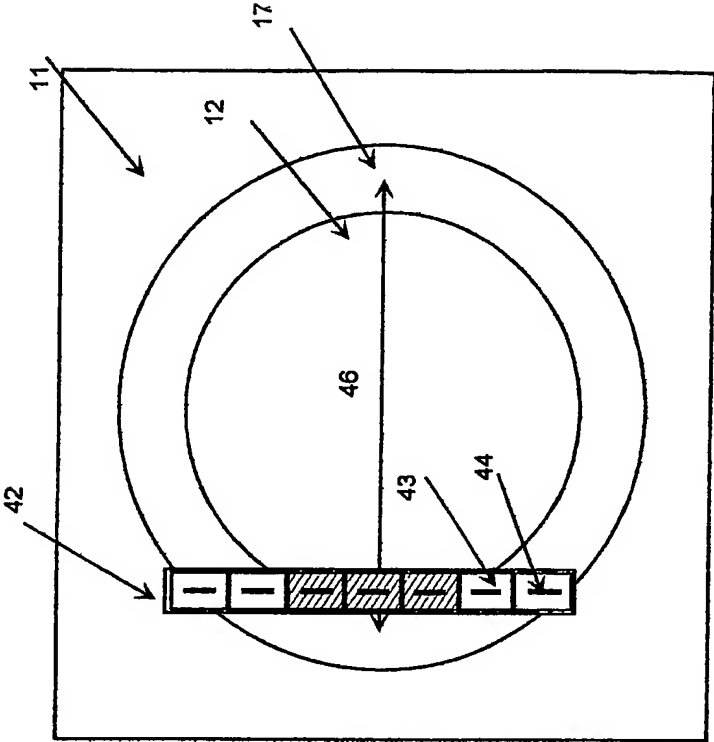


Fig. 2

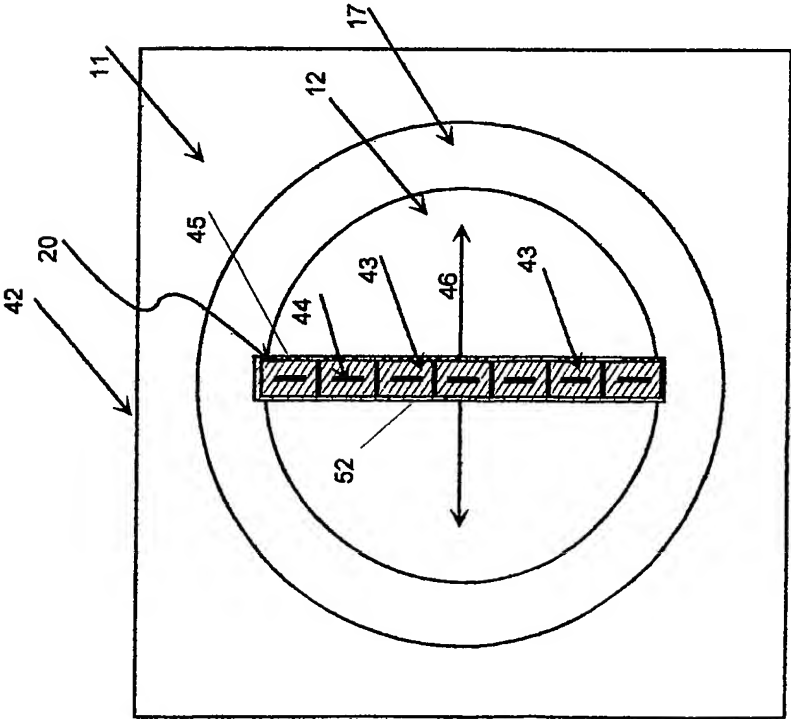


Fig. 3

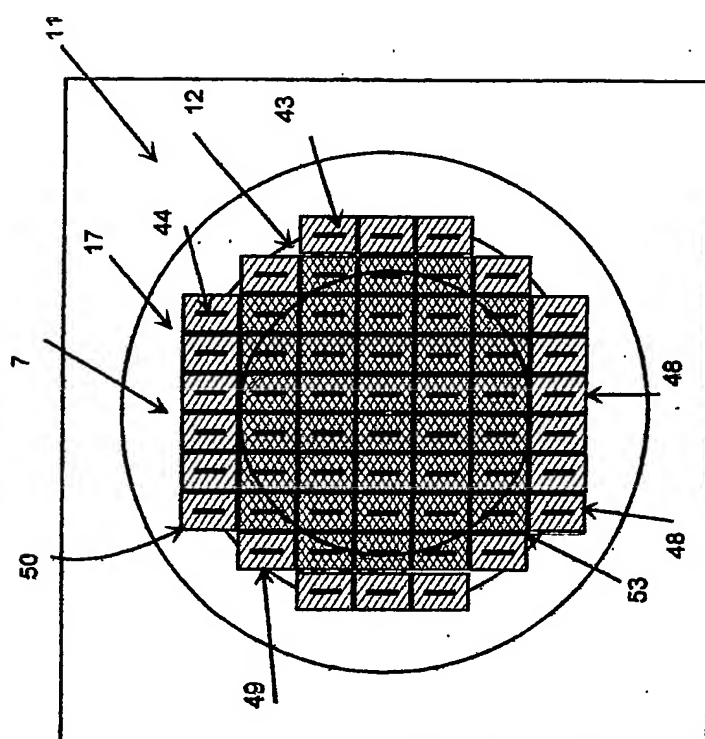


Fig. 4

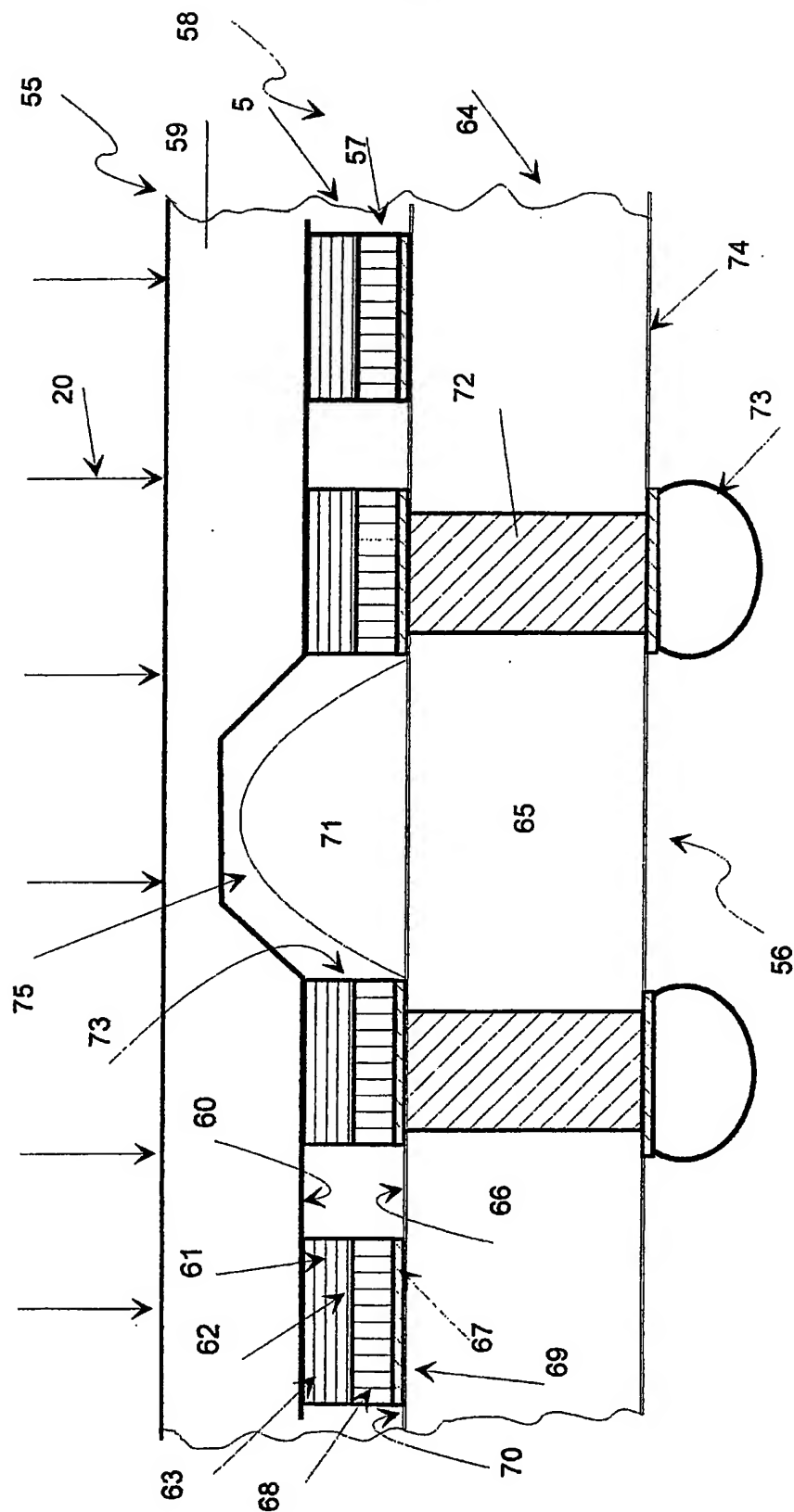


Fig. 5